Aus der zweiten medicinischen Klinik der Charité zu Berlin.

Die Beziehungen der Form des Elektrocardiogramms zu dem Lebensalter, der Herzgrösse und dem Blutdruck.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medicinischen Doctorwürde

an der

Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

von

cand. med. **Samuel Linetzky**
aus Ananiew (Russland).

Tag der Promotion: 5. Februar 1912.

Berlin 1912.
Druck von L. Schumacher, N. 4.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Berlin.

Referent:
Geh.-Rath Prof. Dr. Fr. Kraus.

Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift f. exp. Pathologie u. Therapie. 9. Band.

I. Arbeitsplan.

Von jeher wurde es als Schwierigkeit der Herzdiagnostik empfunden, dass wir kein Mittel besitzen, um die Function des Herzens, d. h. seine Fähigkeit mechanische Arbeit zu leisten, also Blut aus dem Venensystem in das Arteriensystem zu befördern, auf directem Wege zu studiren.

Denn Blutdruck, Arterien- oder Venenpuls, Spitzenstoss, Auscultation, Percussion und Röntgenverfahren können uns zwar wesentlichen Aufschluss über Herzgrösse, Klappenzustand, Herzrhythmus und manches Andere verschaffen, aber über die eigentliche Herzfunction klären sie uns doch nur mittelbar auf.

Diesem Bedürfnis schien abgeholfen zu sein, als es Einthoven (1903) mittels eines neuen Galvanometers (des von Ader 1897 zuerst im Princip angegebenen Saitengalvanometers) gelang, die Actionsströme des menschlichen Herzens, die zuerst Waller (1887) graphisch registrirt hatte, in so vollkommener Weise zu registriren, dass man ein klares Bild von den elektrischen Verhältnissen am Herzen gewinnen konnte. Denn man wusste ja aus vielfältigen physiologischen Thatsachen, dass die mechanische Thätigkeit eines Muskels und die gleichzeitig auftretende elektrische Erscheinung ihrer Grösse nach proportional sind.

So schien also die klinische Forschung nunmehr das langgesuchte Verfahren zu besitzen um die Muskelthätigkeit des Herzens, also seine Function, direct zu studiren.

Von diesem Gesichtspunkte aus hatten Kraus und Nicolai (1907) es unternommen, auf breiter, experimenteller und klinischer Basis die Elektrocardiographie der Herzdiagnostik dienstbar zu machen. In zahlreichen Arbeiten sind sie den Beziehungen zwischen der Form des Elektrocardiogramms und der Herzpathologie nachgegangen. Dass ihre Bestrebungen einem Bedürfniss entgegen kamen beweist die grosse Zahl von Arbeiten, die seitdem über diesen Gegenstand publicirt ist.

Allerdings sind die Ansichten der Autoren über den Werth der Elektrocardiographie als klinische Methode noch nicht geklärt. Einig sind bisher alle Betheiligten nur darüber, dass für Studium, Diagnose und klinische Beurtheilung der Arrhythmien das Elektrocardiogramm heute

bereits unentbehrlich geworden ist. Im Uebrigen aber gehen die Anschauungen noch weit auseinander.

Schon Waller (1887, S. 233) hat trotz der damaligen ungünstigen Methodik die Möglichkeit ins Auge gefasst, mit Hilfe des Elektrocardiogramms zu diagnosticiren und diese Möglichkeit am praktischen Beispiel auch bereits nachgewiesen.

Ebenso hat Einthoven (1906, S. 163) auf's Entschiedenste die Nothwendigkeit verfochten, das neue Instrument den praktischen Zwecken der Klinik dienstbar zu machen. Dieser Hinweis des grossen Physiologen blieb unter den Klinikern fast unbeachtet und es ist das grosse Verdienst von Kraus, der neuen Methode praktisch einen Weg gebahnt zu haben. Seitdem haben sich die Freunde des neuen Instrumentes vermehrt.

Strubell (1909, S. 650) nennt das Elektrocardiogramm „eine ganz beträchtliche Erweiterung unseres klinischen Könnens", — Rothberger (1909, S. 21) „eine klinisch werthvolle Methode, die die Klärung wichtiger Fragen beschleunigen wird", — Eppinger, der früher (1909, S. 1091) die Verwendbarkeit des Elektrocardiogramms für klinische Zwecke für zweifelhaft hielt, nennt es heute „ein ausgezeichnetes Mittel zur klinischen Feststellung von Herzleitungsstörungen", — Rehfisch (1910, S. 25) „eine werthvolle Ergänzung unserer klinischer Untersuchungsmethoden".

Auch James (1910, S. 39) sieht es in seiner Arbeit mit Williams bereits für erwiesen an, dass das Elektrocardiogramm für die Diagnose einiger bisher unerklärbarer Herzerkrankungen wesentliche Dienste gethan hat, und sieht einen Grund für die bisher noch nicht allgemeine klinische Verwendung nur in den Kosten der Apparatur und in der Schwierigkeit der Methode.

Für die Verwendbarkeit des Instrumentes in der Klinik haben sich dann unter Anderen ausgesprochen: Samojloff in seiner Arbeit mit Steschinsky (1909) bei Mitralstenose, Lewis (1910, S. 334f.) bei paroxysmaler Tachycardie. Snegireff (1911) hält das Instrument auch auf dem Gebiete der Gynäkologie für werthvoll. Doch mag es genügen darauf hinzuweisen, dass eigentlich nur Hoffmann und Přibram den Werth der Elektrocardiographie bezweifeln. Denn selbst Hering (1909, S. 9) meint zwar, „dass das Elektrocardiogramm dem Kliniker oft nur Bekanntes in neuer Form zeigt", hält aber andererseits die Methode doch für geeignet, „neue Thatsachen" damit zu entdecken.

Hoffmann (1909, S. 622) glaubt, dass das Elektrocardiogramm mit dem Contractionsverlauf nichts zu thun habe, eine Ansicht, mit der dieser Autor wohl isolirt dastehen dürfte.

Und Přibram in seiner Arbeit mit Kahn (1910, S. 517) sieht die klinisch-praktische Bedeutung des Elektrocardiogramms nur in der Deutung von Arrhythmien und Ueberleitungsstörungen, während er bei allen übrigen Erkrankungen „im Elektrocardiogramm zwar öfters eine willkommene Bereicherung des diagnostischen Schatzes" sieht, die jedoch im Einzelnen keine wesentlich neuen Aufschlüsse zu geben im Stande wäre.

Diese Dissonanz in der Beurtheilung kann einem gedeihlichen Fortschritt nicht dienlich sein und ist an sich recht erstaunlich, denn heute,

nachdem bereits 8 Jahre das Saitengalvanometer existirt und bereits seit 4 Jahren Elektrocardiogramme an Kranken aufgenommen werden, dürfte man eigentlich darüber klar sein, ob das Verfahren brauchbare Resultate zu geben im Stande ist. Erklärbar wird diese verschiedenartige Beurtheilung durch den Mangel wirklich grundlegender systematischer Untersuchungen, denn um zu entscheiden, ob die vierjährige Arbeit vergeblich war oder ob wir thatsächlich im Elektrocardiogramm ein diagnostisches Hilfsmittel gewonnen haben, genügen nicht Sentiments, es bedarf dazu statistischer Angaben auf möglichst breiter Basis.

Bevor man aber an die eigentliche Klinik herangeht, ist es nothwendig, die Grundform des normalen Elektrocardiogramms zu kennen und ebenso den Einfluss, welchen die allgemeinen äusseren und inneren Factoren (wie Alter, Herzgrösse, Blutdruck, Athmung, Lage usw.) auf die Form des Elektrocardiogramms ausüben. Dann kann man versuchen, ob sich für bestimmte Erkrankungen bestimmte Abweichungen von der Normalform finden lassen.

Erst wenn wir überall diese Beziehungen wirklich einwandfrei kennen, werden wir zu beurtheilen im Stande sein, ob eine Zacke vergrössert oder verkleinert, ob die Form bestimmter Elektrocardiogramme pathologisch ist oder noch in die Breite des normalen fällt.

Gleichzeitig mit dieser Aufgabe ist die weitere, viel schwierigere verknüpft, im Einzelnen die Variationsbreite der Elektrocardiogrammformen bei Gesunden und Kranken zu bestimmen, denn — wie bei allen biologischen Geschehnissen — giebt es auch natürlich beim Elektrocardiogramm Plus- und Minusvariationen in Bezug auf die Höhe der einzelnen Zacken. Gerade weil dies so ist und weil auch das Elektrocardiogramm sowohl in seiner normalen Form wie in seiner pathologischen eine ziemlich beträchtliche Variationsbreite besitzt, lässt sich die ganze Frage nur statistisch lösen. Es ist nothwendig, aus einem Material von zahlreichen Curven Mittelwerthe zu berechnen.

Dieser Weg ist ausser in der Arbeit von Nicolai und Simons (1909) und in dem Buche von Kraus und Nicolai (1910) bisher nicht eingeschlagen worden und ich folgte daher gern einer Aufforderung von Prof. Nicolai, sein vorhandenes Material in dieser Beziehung durchzurechnen.

Die Ergebnisse dieser statistischen Rechenarbeit sind im Folgenden niedergelegt, und zwar ist vorläufig der Versuch gemacht:

I. die Normalform des EKG. zu bestimmen;

II. den Einfluss folgender Factoren zu bestimmen:

1. Einfluss des Blutdrucks auf das EKG.
2. „ der Herzgrösse „ „ „
3. „ des Alters „ „ „

II. Historisches.

Es soll im Folgenden ganz kurz zusammengestellt werden, was über die einzelnen Zacken publicirt ist. Eine grosse Schwierigkeit ergiebt sich dabei aus der Thatsache, dass häufig genug von den verschiedenen Autoren verschiedene Ableitungsarten verwendet sind. Daraus resultirt

die Unmöglichkeit die einzelnen Curven untereinander zu vergleichen. Gerade bei einer solchen Literaturzusammenstellung sieht man, wie wünschenswerth die von Kraus und Nicolai immer wieder geforderte Normalableitung von beiden Händen wäre. Wenn doch zum Mindesten alle Autoren diese Ableitung regelmässig anwenden und ihr Resultat mittheilen würden, dann könnte es ja nichts schaden, dass sie andere Ableitungen auch noch anwenden und publiciren.

A-Zacke.

Das Vorhandensein einer A-Zacke war schon in den Capillarelektrometercurven von Burdon-Sanderson und Page (1883) sowie in denen von Waller (1889) erkennbar, genauer bestimmt wurden sie von Einthoven (1895), der aber damals auch noch die darauf folgende Ja-Zacke als Aequivalent der Vorhofthätigkeit ansah. Später hat er dann die Ja-Zacke zur Ventrikelthätigkeit gezogen und von Kraus und Nicolai wurde dann auf Grund von Thierexperimenten gezeigt, dass nur die A-Zacke der Vorhofthätigkeit entspricht.

Schon 1906 wies Einthoven darauf hin, dass man in der Höhe der A-Zacke ein klinisch verwerthbares Moment zur Beurtheilung der Vorhofthätigkeit besitze. Er schreibt 1906 auf Seite 148: „On n'a jamais pu, à ma connaissance indiquer d'aucune manière jusqu'ici cette modification dans l'oreillette gauche, la seule, qui vienne au ligne de compte; la méthode d'enregistrement des pulsations veineuses, qui peut rendre de si grands services dans l'examen de l'oreillette droite, n'est absolument d'aucun usage pour les veines pulmonaires de l'homme, par suite d'obstacles anatomiques insurmontables".

Dass man die Form der A-Zacke thatsächlich zur Bestimmung der Vorhofshypertrophie bei Mitralstenose bzw. der Vorhofslähmung verwenden könne, haben Kraus und Nicolai schon in ihrem ersten Vortrage, Mai 1907, gezeigt (S. 16 u. 32). Dies wurde später von Samojloff und Steshinski (1909, Sep.-Abdr. S. 3) bestätigt und in demselben Jahre von Steriopulo (S. 20), einem Schüler Nicolai's, an der Hand eines grossen klinischen Materials im Einzelnen durchgeführt. Es ergiebt sich aus diesen Publicationen, dass man bei Mitralstenose (vor Allem bei der Mitralstenose mit dem „shnap" der Engländer) eine verlängerte und vergrösserte, oft auch in zwei Zacken gespaltene A-Zacke findet.

Eine Vergrösserung der A-Zacke haben Kraus und Nicolai (1910, S. 204) dann weiter im Frühstadium der Arteriosklerose constatiren können, hier soll die Vergrösserung der A-Zacke oft das erste Symptom der Gefäss- bzw. Herzveränderung sein. Diese für die Diagnose ausserordentlich wichtige Angabe ist scheinbar bisher nicht nachgeprüft worden, was doch sehr wünschenswerth erscheinen müsste. Das mir zur Verfügung gestellte Material spricht für die Richtigkeit dieser Annahme, denn es lässt sich (wie in einer späteren Arbeit genauer gezeigt werden soll) statistisch zeigen, dass die A-Zacke thatsächlich bei Arteriosklerose vergrössert ist (in Mittel um 50 pCt.). Eine Verkleinerung der A-Zacke scheint keine wesentlich pathognostische Bedeutung zu haben, giebt doch Nicolai an, dass sie unter Umständen bei der üblichen Ableitung von Arm zu Arm

fehlen kann, allerdings fügt er hinzu, dass dies bei Ableitung vom rechten Arm und linken Bein bei gesunden Personen nie der Fall zu sein scheint.

Dass manchmal das Fehlen der Vorhofzacke ein pathognostisches Zeichen ist, erscheint sicher, so bei überdehntem Vorhof bei Mitralstenose; hierfür haben Samojloff und Steshinsky (1009, S. 5 des Sep.) einen Obductionsbefund beibringen können: Im Elektrocardiogramm einer Mitralstenose hatte die A-Zacke völlig gefehlt und bei der Section erwies sich der Vorhof als stark dilatirt. Dieses Fehlen der Vorhofzacke findet sich vor Allem meist bei Pulsus irregularis perpetuus und bildet so eine Bestätigung der mit Hilfe des Venenpulses erschlossenen Theorie. Der Umstand, dass sie sich im Elektrocardiogramm manchmal doch findet, lässt vermuthen, dass das Lesen der Venenpulscurve schwieriger ist als selbst die gewiegtesten Kenner desselben meinen (vgl. hierzu Nicolai: Die Unregelmässigkeiten des Herzschlages, 1911).

Auch in dem Kampf, der darüber entbrannt ist, ob die fehlende Vorhofthätigkeit auf gänzlichem Stillstand des Vorhofs oder auf einem Flimmern der Vorhöfe beruhe, ist das Elektrocardiogramm hineingezogen worden.

Rothberger und Winterberg (1911) sahen bei fehlendem Vorhof häufig statt der A-Zacke zahlreiche kleine Schwankungen, die sie bei vorhandener A-Zacke niemals gesehen haben wollen und die sie auf das Flimmern der Vorhöfe beziehen.

J-Zacke.

Das Vorhandensein der normalen J-Zacke ist zum ersten Mal von Kölliker und Müller (1856) nachgewiesen worden, aber erst 1883 von Burdon, Sanderson und Page graphisch — allerdings mangelhaft — registrirt worden. (Ueber die Angaben Engelmann's, wonach er bereits im Jahre 1878 die normale J-Zacke mittels des Rheotoms aufgenommen haben will, vergleiche Nicolai: Die thatsächlichen Grundlagen einer myogenen Theorie des Herzschlages, S. 63f.) Einthoven (S 106) hat dann auf rechnerischem Wege gefunden, dass sie die höchste aller vorhandenen Zacken ist.

Da, wie wir weiterhin sehen werden, die Variationsbreite der J-Zacke eine sehr grosse ist, sowohl beim gesunden wie beim kranken Herzen, ist sie bisher in der Klinik weniger berücksichtigt worden als die A- und F-Zacke.

Einthoven (1906, S. 145) hatte ursprünglich angenommen, dass man (ähnlich wie beim Vorhofe in der Höhe der A-Zacke) in der Höhe der J-Zacke einen directen Ausdruck und ein Maass der Herzkraft besitze. Da er aber inzwischen der Vorstellung von Nicolai, wonach das Elektrocardiogramm eine Subtractionscurve verschiedener Partialströme ist, beigetreten ist, und da mit dieser Auffassung ein directer Zusammenhang zwischen Höhe der J-Zacke und Herzkraft unvereinbar ist, so dürfte auch Einthoven heute diese seine ursprüngliche Auffassung verlassen haben.

Einthoven (1906, S. 147) hat dann weiterhin auf Grund eines einzelnen Falles von Mitralinsufficienz, bei der er eine hohe und steile

J-Zacke gefunden hatte, die Grösse derselben speciell auf die Hypertrophie des rechten Ventrikels bezogen, wobei es auffällig erscheinen muss, dass er den von ihm ebenfalls publicirten Fall von Mitralstenose, bei dem die J-Zacke auffällig klein war, unberücksichtigt liess. Ausserdem handelt es sich nicht dabei um eine Ableitung I, ist also eigentlich nicht mit den Befunden anderer Autoren zu vergleichen.

Kraus und Nicolai haben die Höhe der J-Zacke umgekehrt mit der Grösse des linken Ventrikels in Zusammenhang gebracht, wobei sie sich besonders auf Fälle von Arteriosklerose mit hypertrophirtem linken Ventrikel stützten, ein Befund, der durch die vorliegende statistische Arbeit voll bestätigt wird. Ebenso hat Steriopulo eine hohe und steile J-Zacke bei Aortenfehlern gefunden.

Dass dies aber nicht der einzige Grund sein kann geht aus den übrigen Literaturangaben hervor, die hier ziemlich mannigfaltig sind und die sich vorläufig noch nicht unter einen einheitlichen Gesichtspunkt bringen lassen. Wir begnügen uns daher sie aufzuzählen.

Die J-Zacke soll vergrössert sein bei der Exspiration (Einthoven, 1908, S. 562, Grau, 1909, Kraus und Nicolai, 1910, S. 102 und 258), bei körperlicher Arbeit (Einthoven 1906, S. 145) [dies ist jedoch nach Nicolai und Simons (1909, S. 17 des Sep.) nur in 13 pCt. der Fall], bei Aortenklappenfehlern (Steriopulo, 1909), durch Strophanthus (Strubell, 1908, S. 19 des Sep.), im Alter (Nicolai und Funaro, 1908).

Sie wird umgekehrt kleiner bei der Inspiration, bei linker Seitenlage (Grau, 1909, S. 5 des Sep., Kraus und Nicolai, 1910, S. 257), bei Mitralfehlern (Steriopulo, 1909, S. 20 des Sep.), nach körperlicher Arbeit (Müller und Nicolai, 1908 und Nicolai und Simons, 1909) [jedoch nur bei 81 pCt. aller Menschen, vgl. oben], bei Dextrocardie (Nicolai, 1911, S. 6 des Sep.), bei angeborenen Herzfehlern (Nicolai, 1911, S. 9).

Bei den von Einthoven abgebildeten Elektrocardiogrammen eines Falles von angeborenem Herzfehler ist das nicht der Fall, doch dürfte es fraglich sein, ob hier die Diagnose richtig war.

Weiterhin ist eine Verflachung der J-Zacke bei Myocardaffectionen beschrieben (Strubell, 1908, S. 21 des Sep.).

Eine Doppelzacke fand sich bei Galopprhythmus bei chronischer Myocarditis und wurde auf eine Störung des Synchronismus beider Ventrikel bezogen, Rehfisch (1910, S. 19 des Sep.), Pribram und Kahn (1910, S. 512) haben eine Doppelzacke bei excentrischer Hypertrophie beider Herzhälften gesehen.

Die F-Zacke.

Die F-Zacke wurde ebenfalls von Kölliker und Müller (1856) beschrieben, doch hielten sie sie für die zweite Phase der J-Zacke, was erst durch Burdon-Sanderson und Page (1883) richtig gestellt wurde.

Die F-Zacke wird erhöht durch Arbeit (Müller und Nicolai 1908, S. 58), nach Nicolai und Simons nur in 57 pCt. der Fälle (1909, S. 16 des Sep.). Sie wird verkleinert bei forcirter Inspiration (Kraus und

Nicolai, 1910, S. 257), eine Angabe, die von Einthoven bestritten wird, doch wird demnächst eine Arbeit aus der zweiten medicinischen Klinik erscheinen, woraus dieser Einfluss der Inspiration unzweifelhaft hervorgeht.

Die klinische Bedeutung der F-Zacke ist vielfach discutirt worden. Kraus und Nicolai haben behauptet, dass man in der Höhe der F-Zacke einen gewissen Maassstab für die Güte des Herzens habe, hierfür sprechen vor Allem ausser den Erfahrungen der beiden genannten Autoren die Angaben von Einthoven (1908, S. 570) und Strubell (1908, S. 19 des Sep.-Abdr.). In seiner Arbeit mit Simons hat dann Nicolai (1909, S. 10 des Sep.-Abdr.) seinen Standpunkt genauer dahin präcisirt, dass man aus der Höhe der F-Zacke allerdings wesentliche diagnostische und vor Allem prognostische Schlüsse ziehen könne, dass man aber nicht einfach schematisiren und etwa die Güte des Herzens nach der Höhe der F-Zacke in Millimetern abschätzen dürfe.

Gegen die Vermutung, dass man in der Höhe der F-Zacke einen Maassstab für die Güte des Herzens zu betrachten habe, ist von verschiedenen Seiten Einspruch erhoben worden. Diese Frage ist aber heute noch nicht geklärt. Die statistischen Feststellungen sprechen allerdings, wie wir sehen werden, sehr stark für die klinische Bedeutung der F-Zacke. Andererseits sollen in dieser Arbeit die Thatsachen beschrieben werden, die uns die Gesichtspunkte liefern, nach denen man die einzelnen Fälle beurtheilen kann.

III. Ergebnisse der Statistik.

Das Material.

Zur Verfügung standen 1500 Elektrocardiogramme. Davon sind diejenigen der Personen unter 20 Jahren weggelassen, sowie alle diejenigen, bei denen keine genaueren Krankengeschichten angegeben waren, insonderheit jene Daten, auf die es vor allem ankam (Herzgrösse im Röntgenbilde, Blutdruck und Lebensalter). Da es eine ziemlich mühselige Arbeit ist, die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms auszumessen — zumal in jeder einzelnen Elektrocardiogrammcurve stets mehrere Einzelelektrocardiogramme (mindestens 5) gemessen und daraus erst die für jedes Individuum gültigen Mittelwerthe bestimmt sind —, so schien es genügend, das normale Elektrocardiogramm ebenfalls nur aus den für die anderen Zwecke bestimmten Zahlen zu berechnen. Es ist zu bemerken, dass sich also folgende Zahlen stets auf mindestens 2500 Messungen beziehen.

Im Einzelnen habe ich

1. aus 438 Elektrocardiogrammen die Form des Durchschnittselektrocardiogramms berechnet,
2. aus 330 Elektrocardiogrammen den Einfluss des Alters auf das Elektrocardiogramm bestimmt,
3. aus 389 Elektrocardiogrammen den Einfluss des Blutdrucks auf das Elektrocardiogramm bestimmt,
4. aus 313 Elektrocardiogrammen den Einfluss der Herzgrösse auf das Elektrocardiogramm bestimmt.

1. Das Normal-Elektrocardiogramm.

Das Material, das zur Bestimmung des Normalelektrocardiogramms diente, stammt nicht nur von durchaus normalen Personen; es handelt sich im Gegentheil im Wesentlichen um Leute, die gerade ihres Herzens wegen zum Arzt kamen. Dies wird naturgemäss die Durchschnittsform des Elektrocardiogramms beeinflussen und es erscheint nicht ausgeschlossen, dass das Mittelelektrocardiogramm von nur gesunden Leuten in einigen Punkten von der von uns später mitzutheilenden Mittelform abweicht.

Dass diese Abweichungen nicht gross sein können, geht aus der Thatsache hervor, dass unsere zahlenmässigen Messungen fast genau mit der von Kraus und Nicolai S. 101 nnd 102 beschriebenen Form übereinstimmen, die zwar an einem relativ kleineren Material, aber — worauf es hier ankommt — an Herzgesunden gewonnen sind. Dies kann nur darauf beruhen, dass bei kranken Herzen ebensoviel Plus- wie Minusvarianten vorhanden sind, so dass im Durchschnitt dasselbe Resultat herauskommt wie bei Gesunden.

Aber auch abgesehen hiervon ist es für die Klinik von Wichtigkeit, einen Durchschnitt desjenigen Materials zu berechnen, das der Kliniker eben zu sehen bekommt, um entscheiden zu können, ob Abweichungen hiervon als krankhaft oder noch als ins Bereich des Gesunden fallend zu betrachten sind.

Das Elektrocardiogramm, welches in Fig. 1 abgebildet ist, wurde aus 438 einzelnen Elektrocardiogrammen von erwachsenen Menschen über 20 Jahren constructiv gewonnen. Die Elektrocardiogramme jugendlicher Individuen sind, wie schon Nicolai und Funaro hervorgehoben haben, typisch verschieden, so dass sie nicht gemeinsam mit denen der Erwachsenen behandelt werden können.

Wie auf S. 11f. gezeigt werden wird, sind allerdings auch die Elektrocardiogramme der Erwachsenen von dem Alter der Einzelnen abhängig. Mit dem Alter nimmt die J-Zacke zu, die F-Zacke ab; jedoch sind diese Unterschiede relativ so gering, machen sich ausserdem nur im Durchschnitt bemerkbar, da sehr wohl unter Umständen ein junger Mann eine höhere J-Zacke haben kann als ein alter, so dass man, ohne ein wesentlich verschiedenes Resultat erwarten zu müssen, ruhig die Elektrocardiogramme sämmtlicher Erwachsenen zusammen verwerten kann.

Eine Normalform des Elektrocardiogramms steht nicht fest; die Form, die seiner Zeit Einthoven dafür angegeben hat, bei der die Ja-Zacke grösser ist als die Jp-Zacke, ist sicherlich weder die häufigste noch diejenige, die etwa auf das normalste Herz schliessen lässt. Die Normalform, welche Kraus und Nicolai angegeben haben, ist ebenfalls nicht auf Grund von Berechnungen, sondern nur auf Grund eines allgemeinen Eindrucks gewählt worden und es liegt daher kein zwingender Grund vor sie anzuerkennen. Allerdings zeigt die Fig. 1, wenn wir sie mit der von Kraus und Nicolai in ihrem Buche abgebildeten Normalform vergleichen, in den wesentlichsten Punkten gute Uebereinstimmung, wobei zu bedenken ist, dass, wie die beiden Autoren schon hervorgehoben haben, es eine gewisse Variationsbreite giebt, innerhalb derer die

Elektrocardiogramme als normal zu bezeichnen sind. Aus diesem Grunde erscheint es auch richtiger, die in Fig. 1 abgebildete Form nicht als Normalform, sondern als Durchschnittsform des Elektrocardiogramms zu bezeichnen, denn das Wort Normalform schliesst ein Urtheil in sich, während die Bezeichnung Durchschnittsform nur ein Ausdruck der thatsächlichen Verhältnisse ist.

Es ist schon erwähnt worden, dass die hier berechnete Durchschnittsform nicht einmal ein Durchschnitt der Gesunden ist, dass dies aber für die Beurtheilung nichts Wesentliches auszumachen scheint. Es soll aber doch nicht verabsäumt werden, auch hier noch einmal diese einzuschränkende Bemerkung zu wiederholen, aus der hervorgeht, dass die Fig. 1 die Durchschnittsform des klinischen Materials darstellt. Dass diese Form nicht gar zu wesentlich von der Durchschnittsform der Gesunden abweicht, geht aus der Thatsache hervor, dass sie, wie schon erwähnt, den Typen sehr ähnlich ist, welche Kraus und Nicolai aus dem gesunden Material von Soldaten und Unterärzten ausgewählt haben.

Die Verwerthung der 438 Elektrocardiogramme geschah in folgender Weise:

In jedem dieser 438 Elektrocardiogramme wurde auf Grund von mindestens 5 Messungen die Höhe der A-Zacke, der J-Zacke und F-Zacke, und wenn sie vorhanden war, der Jp-Zacke bestimmt[1]). Die so gefundenen Zahlen sind in der umstehenden Tabelle I übersichtlich zusammengestellt, in der die einzelnen Fälle nach der Grösse der einzelnen Zacken zusammengestellt sind. Man sieht aus der Tabelle z. B., dass Elektrocardiogramme mit einer 10 bzw. 9 mm tiefen Jp-Zacke je einmal, mit einer 8 mm tiefen Jp-Zacke 2 Mal vorhanden waren usw.

In der Fig. 2 sind diese Verhältnisse graphisch dargestellt. Man sieht in den 3 Curven links unten, wie sich die einzelnen Fälle in Quetelet'schen Curven nach der Zackengrösse gruppiren. Der Umstand, dass in der Quetelet'schen Curve die A-Zacke viel steiler ist als die F- und J-Zacke, liegt nur daran, dass diese über eine grössere Anzahl von Millimetern variiren. Bezieht man die Rechnung auf procentuale Theile der grössten bei jeder Zacke beobachteten Höhe, wie das in den Curven rechts oben der Fig. 2 geschehen ist, so haben alle Curven eine fast identische Form. Hier sind die Curven genau nach den zahlenmässigen Ergebnissen gezeichnet, die Curven links sind egalisirt ohne etwas Wesentliches zu ändern. Diese Curven sind beigefügt um zu zeigen, dass die berechneten Durchschnittszahlen wirklich verwerthbar sind, d. h. dass die Vertheilung der einzelnen Fälle auf die vorhandene Variationsbreite den überhaupt für biologische Erscheinungen gültigen Gesetzen entspricht.

Aus der Tabelle I sind dann die Mittelzahlen berechnet und in Tabelle II zusammengestellt.

---

1) Die Ja-Zacke, die nur selten vorhanden ist, wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle I.

Grösse der Zacken	Die einzelnen Zacken von der links angegebenen Grösse waren vorhanden			
	A	J	F	Jp
— 10	—	—	—	1 mal
— 9	—	—	—	1 „
— 8	—	—	—	2 „
— 7	—	—	1 mal	3 „
— 6	—	—	—	9 „
— 5	—	—	4 mal	14 „
— 4	—	—	—	**18** „
— 3	—	—	6 mal	14 „
— 2	1 mal	—	3 „	15 „
— 1	1 „	—	6 „	2 „
0	33 „	—	21 „	349 „
+ 0,5	23 „	—	—	—
+ 1	**160** „	—	28 mal	—
+ 1,5	**132** „	—	—	—
+ 2	59 „	3 mal	**96** mal	—
+ 2,5	17 „	3 „	—	—
+ 3	7 „	2 „	**98** mal	—
+ 4	4 „	12 „	**79** „	—
+ 5	1 „	18 „	51 „	—
+ 6	—	22 „	28 „	—
+ 7	1 „	30 „	14 „	—
+ 8	—	30 „	2 „	—
+ 9	—	36 „	1 „	—
+ 10	—	31 „	1 „	—
+ 11	—	23 „	—	—
+ 12	—	22 „	—	—
+ 13	—	**39** „	—	—
+ 14	—	**38** „	—	—
+ 15	—	20 „	—	—
+ 16	—	18 „	—	—
+ 17	—	16 „	—	—
+ 18	—	24 „	—	—
+ 19	—	7 „	—	—
+ 20	—	12 „	—	—
+ 21	—	8 „	—	—
+ 22	—	7 „	—	—
+ 23	—	5 „	—	—
+ 24	—	3 „	—	—
+ 25	—	7 „	—	—
+ 30	—	3 „	—	—
+ 40	—	2 „	—	—

Tabelle II.

Die Zacke	schwankt zwischen		beträgt im Durchschnitt	
	Minimum	Maximum	in mm	in Procenten von J
A	— 2 mm	+ 7 mm	1,**3**	10
J	± 0 „	+ 40 „	13,**0**	100
F	— 6 „	+ 12 „	3,**2**	25
Jp	± 0 „	— 10 „	0,**7**	5

Nach dem Ergebnis dieser Tabelle ist Fig. 1 gezeichnet.

Setzt man den Werth der J-Zacke = 100, so ergiebt sich, dass in dieser Einheit ausgedrückt die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms

die in der letzten Columne der Tabelle II verzeichneten Werthe besitzen; das sind aber Zahlen, die sich relativ leicht dem Gedächtniss einprägen.

Lassen wir die Jp-Zacke als relativ unwichtig fort, so ergeben sich drei Quotienten:

der Quotient J/A = Vorhofquotient = 10,
der Quotient J/F = Ventrikelquotient = 4,
der Quotient F/A = kleiner Quotient = 2,5,

von denen vor Allem der Ventrikelquotient zur Beurtheilung des Elektrocardiogramms, wie schon Kraus und Nicolai hervorgehoben haben und wie wir im Folgenden des Genaueren sehen werden, eine besondere Wichtigkeit hat.

Diese Quotienten sind unabhängig von der absoluten Grösse der einzelnen Zacken und damit, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, unabhängig von der Art und Weise der einzelnen Aufnahmen. Da sich späterhin zeigen wird, dass die Aenderung der einzelnen Quotienten ganz besonders charakteristisch für das Elektrocardiogramm ist, so halte ich diese von Nicolai vorgeschlagene Einführung von Elektrocardiogrammquotienten für ausserordentlich zweckmässig. Wir werden die Aenderung der Normalquotienten in allen unseren weiteren Betrachtungen berücksichtigen.

2. Der Einfluss einzelner Factoren auf das Elektrocardiogramm.

a) Einfluss des Alters auf das Elektrocardiogramm.

Um den Einfluss des Alters auf das Elektrocardiogramm festzustellen, sind die Patienten von 20—70 Jahren in 5 Gruppen, welche je 10 Jahre umfassen, eingeteilt und für jede dieser 5 Gruppen sind die einzelnen Durchschnittselektrocardiogramme in derselben Weise, wie in III das allgemeine Durchschnittselektrocardiogramm, bestimmt worden. Die Tabelle III[1]) und die Curven der Fig. 3 zeigen das Resultat.

Tabelle III.

Einfluss des Alters auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.

Altersstufe	Zahl der Fälle	Grösse der Zacken in mm			die Quotienten		
		A	J	F	J/A	J/F	F/A
20—29	44	1,20	11,0	3,35	9,2	3,3	2,8
30—39	82	1,70	10,5	3,14	6,2	3,4	1,8
40—49	83	1,28	12,6	3,30	9,8	3,8	2,7
50—59	76	1,22	11,9	2,55	10,2	4,7	2,1
60—69	45	1,30	13,8	2,15	10,6	6,4	1,7

1) In dieser, wie in allen folgenden Tabellen und dazugehörigen Curven geben die Tabellen die genauen — als Durchschnittswerth gefundenen — Zahlen, in den Curven dagegen sind die Linien dadurch übersichtlich gemacht, dass sie durch Schwerpunktsbestimmungen je dreier aufeinanderfolgender Punkte egalisirt sind, wodurch die Uebersichtlichkeit erhöht, die Genauigkeit aber nicht im Geringsten geändert wird. Ueber die Technik dieser Methode vgl. Nicolai und Rabinowitsch.

Aus den Curven geht ganz besonders deutlich Folgendes hervor:

Die A-Zacke.

Auf die A-Zacke scheint das Alter keinen wesentlichen Einfluss auszuüben. Die A-Zacke schwankt in allen Altersstufen nur zwischen 1,2 und 1,3 mm, eine Ausnahme macht nur das Alter zwischen 30 und 40 Jahren, hier ist die A-Zacke 1,7 mm gross.

Da die Zahlen, wie aus der Tabelle hervorgeht, auf denen die Statistik beruht, gross genug sind, scheint dies kaum einem Zufall zuzuschreiben zu sein, vielleicht dürfte dieser Umstand damit zusammenhängen, dass gerade in diesem Alter bei dem klinischen Material, wie es oben geschildert worden ist, gut compensirte Mitralfehler häufig sind. Da wir durch Steriopulo wissen, dass gerade bei diesen Kranken eine ausserordentlich grosse A-Zacke vorhanden ist, so dürfte vielleicht diese Abweichung dadurch erklärt werden. Später, wenn die Decompensation eintritt, verschwindet die A-Zacke, dies wird aber im Gesammtbild dadurch wieder ausgeglichen, dass im höheren Alter häufig höhere A-Zacken, die Folge von Arteriosklerose, vorhanden sind.

Die J-Zacke.

Die J-Zacke zeigt eine deutliche Vergrösserung mit zunehmendem Alter. Sie wächst im Durchschnitt von 11 mm bis auf 14 mm, d. h. um etwa $^1/_4$ ihrer normalen Grösse.

Die relative Kleinheit der J-Zacke in den vierziger Jahren konnte ebenfalls auf die Mitralfehler, die nach Steriopulo eine niedrige J-Zacke haben, zurückgeführt werden. Welchen Grund die Verkleinerung in den sechziger Jahren hat, erscheint fraglich.

Die F-Zacke.

Die F-Zacke nimmt mit zunehmendem Alter ab, und zwar besonders im höheren Alter. Aus der Curve No. 3 und aus der Tabelle No. III geht hervor, dass sie bis zum 45. Jahre annähernd constant bleibt und etwas über 3 mm beträgt, bis zum 45. Lebensjahre — d. h. bis zu jener Zeit, bis zu der der Mensch leistungsfähig bleibt —, von da ab sinkt sie bis auf 2,1 mm, d. h. um etwa $^1/_3$. Sie nimmt also relativ um ebensoviel ab, als die J-Zacke zunimmt.

Die geschilderten Verhältnisse werden noch deutlicher, wenn man, wie in der Curve b der Fig. 3 gezeigt ist, das Verhalten der Elektrocardiogrammquotienten berücksichtigt:

der Vorhofquotient steigt von 9,2 bis 10,6,
der Ventrikelquotient steigt von 3,3 bis 6,4,
der kleine Quotient sinkt von 2,8 bis 1,7.

Es ergiebt sich aus diesen Bestimmungen, dass die Höhe der einzelnen Elektrocardiogrammzacken im Durchschnitt annähernd bis zu einem Alter von 45 Jahren normal sind, was ja ungefähr mit den allgemeinen klinischen Erfahrungen übereinstimmen dürfte.

b) Einfluss der Herzgrösse auf das Elektrocardiogramm.

Um den Einfluss der Herzgrösse auf das Elektrocardiogramm festzustellen sind 313 Patienten im Alter von 20—70 Jahren, je nach ihrer orthodiagraphisch gemessenen Herzgrösse, in 7 Gruppen getheilt.

In dem Orthodiagramm wurde der Diameter transversalis dexter et sinister (d. h. die grösste Entfernung des rechten und linken Randes der Herzsilhouette von der Mittellinie) einzeln bestimmt und die Summe der beiden so erhaltenen Zahlen als Querdurchmesser gerechnet.

Es ist klar, dass bei dieser Bestimmung nicht allein die Herzgrösse, sondern auch die Herzlage eine gewisse Rolle spielt. Tropfenherzen z. B. werden als relativ zu kleine Herzen, quergelagerte Herzen als relativ zu grosse Herzen in Anschlag gebracht werden, da es jedoch keine einwandfreie Methode giebt, die Herzgrösse am Lebenden zu bestimmen, musste eine bestimmte Methode gewählt werden, und diese Bestimmung des sogenannten Querdurchmessers giebt nach den besten Röntgenuntersuchern immer noch die annähernd richtigsten Resultate. Ausserdem war zu erwarten, dass sich die verschiedenen Factoren in ihrer Wirkung gegenseitig compensiren würden. Will man dies auch in Rechnung ziehen, so erscheinen doch auf alle Fälle die Beziehungen zwischen Querdurchmesser und Elektrocardiogramm einwandsfrei und eindeutig festgestellt. Immerhin ist zu bemerken, dass unter den Herzen mit kleinem Querdurchmesser relativ zahlreiche Tropfenherzen, unter den Herzen mit grossem Querdurchmesser relativ durch Hochstand des Zwerchfells quergelagerte Herzen sich finden.

Die Beziehungen der einzelnen Zacken zur Herzgrösse sind ausserordentlich charakteristisch und sind in Tabelle IV und in den Curven der Fig. 4 zusammengestellt.

Tabelle IV.

Einfluss der Herzgrösse auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.

Herzgrösse	Zahl der Fälle	Grösse der Zacken in mm			Die Quotienten		
		A	J	F	J/A	J/F	F/A
10	39	0,9	7,8	2,8	8,6	2,8	3,1
12	77	1,3	10,7	2,9	8,3	3,7	2,15
13	58	1,3	12.0	3,2	9,2	3,8	2,5
14	53	1,3	13,4	3,2	10,3	4,2	2,5
15	47	1,3	15,0	2,3	11,5	6,5	1,8
16	24	1,5	14,5	2,2	9,7	6,6	1,5
17—19	15	1,2	14,8	1,5	12,3	9,9	1.2

Aus den Curven und aus der Tabelle ergiebt sich Folgendes:

Die A-Zacke.

Auf die A-Zacke scheint die Grösse des Herzens keinen nennenswerthen Einfluss auszuüben, ähnlich wie das Lebensalter.

Die J-Zacke.

Die J-Zacke wächst mit der Herzgrösse; wenn die Herzgrösse von 10 auf 15 cm steigt, nimmt die J-Zacke von 8 auf 15 mm zu, um dann bei noch grösseren Herzen annähernd constant zu bleiben.

Die F-Zacke.

Die F-Zacke nimmt langsam zu bis zu einer Herzgrösse von 14 cm, um dann stark abzusinken.

Bestimmt man, wie in Curve No. 4b geschehen ist, die Quotienten, so ergiebt sich, dass die Quotienten ebenfalls stark variiren:

der Vorhofquotient steigt von 8,6 bis 12,3,
der Ventrikelquotient steigt von 2,8 bis 9,9,
der kleine Quotient sinkt von 3,1 bis 1,2.

Es ergiebt sich aus diesen Bestimmungen, dass die Höhe der einzelnen Elektrocardiogrammzacken ebenso wie die Elektrocardiogrammquotienten für eine Herzgrösse von 14 cm Querdurchmesser den Durchschnittswerth aufweist, was damit übereinstimmt, dass Herzen mit einem Querdurchmesser von 14 cm als normalgrosse Herzen bezeichnet werden. In der Fig. 4 ist diese Stelle durch eine schraffirte Linie markirt. Es ergiebt sich weiter, dass unterhalb wie oberhalb dieser Grenzen die F-Zacke kleiner als in der Norm ist, was eine Bestätigung der von Kraus und Nicolai immer vertretenen Ansicht bedeutet, dass wir in der Grösse der F-Zacke klinisch ein ungefähres Maass für die Güte des Herzens besitzen. Ueber die klinische Bedeutung dieser Abhängigkeit der Herzgrösse siehe die zusammenfassenden Bemerkungen auf Seite 16.

Was die fehlende und negative F-Zacke betrifft, so findet man sie niemals bei kleinen Herzen, meist nur bei einer Herzgrösse über 15 cm. In den 86 Fällen mit Herzgrösse über 14 cm war die F-Zacke fehlend bzw. negativ in 18 Fällen, was ungefähr 21 pCt. ausmacht.

c) Einfluss des Blutdrucks auf das Elektrocardiogramm.

Um den Einfluss des Blutdrucks auf das Elektrocardiogramm festzustellen sind 389 Elektrocardiogramme erwachsener Personen, bei denen der Blutdruck nach Recklingshausen bestimmt worden ist, nach der Höhe des Blutdrucks in 13 Gruppen eingeteilt.

Bei allen Patienten ist der minimale Blutdruck oscillatorisch, der maximale oscillatorisch und palpatorisch bestimmt. Die Einteilung ist nach der palpatorischen Messung des maximalen Blutdrucks vorgenommen.

Der maximale Blutdruck schwankte bei den untersuchten Patienten zwischen 11 und 25 cm Hg. Die Tabelle V sowie die Curven Fig. 5 zeigen übersichtlich die erhaltenen Resultate.

Tabelle V.

Einfluss des Blutdrucks auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.

Blutdruck mm	Zahl der Fälle	Grösse der Zacken			Die Quotienten		
		A	J	F	J/A	J/F	F/A
110	22	1.3	10,0	3,3	7,7	3,03	2,5
120	41	1,2	10,0	4,0	8,3	2,5	3,3
130	69	1,5	12,0	3.3	8,0	3,6	2,2
140	63	1,3	14,0	3,1	10,8	4,5	2,4
150	62	1,3	12.4	2,9	9,5	4,3	2,2
160	33	1,2	13,0	3,0	10,8	4,3	2,5
170	27	1,3	13,0	3.3	10,0	3,9	2,5
180	28	1,4	13,0	2,8	9,3	4,6	2,0
190	13	1,5	13,0	2,7	8,7	4,9	1,8
200	14	1,6	16.0	1,4	10.0	11,4	0,9
220	5	1,3	17,0	0,4	13,0	42,5	0,3
230	4	1,9	19,9	0,4	10,0	47,5	0.2
250	8	0,9	20,0	—	22,0	∞	0

Die A-Zacke.

Die A-Zacke wird durch den Blutdruck scheinbar nur unbedeutend beeinflusst.

Die J-Zacke.

Die J-Zacke wächst sehr stark mit steigendem Blutdruck. Bei niedrigen Werthen ist sie klein (zwischen 10 und 12 cm), bei mittlerem Blutdruck (zwischen 14 und 18 ccm Hg) ist die J-Zacke von immer gleicher Grösse (13 mm), bei noch höherem Blutdruck steigt sie sehr stark (bis zu 20 mm).

Die F-Zacke.

Die F-Zacke sinkt sehr stark mit steigendem Blutdruck. Auch hier ist das Sinken bei subnormalen Werthen (unter 14 cm Hg) nur gering, bei mittlerem Blutdruck bleibt die F-Zacke constant (etwa 3 mm), um bei hohem Blutdruck sehr schnell bis auf 0 zu sinken. Bestimmt man, wie in Curve No. 5b geschehen ist, die Quotienten, so ergiebt sich, dass die Quotienten ebenfalls stark variiren:

der Vorhofquotient steigt von 7,7 bis 22,0,
der Ventrikelquotient steigt von 3 bis in die Unendlichkeit.
der kleine Quotient sinkt von 2,5 bis Null.

Aus den Curven ergiebt sich vor allen Dingen das bemerkenswerthe Resultat, dass die Elektrocardiogramme beim mittleren Blutdruck von 14 bis 18 cm Hg (in der Fig. V ist diese Zone schraffirt) fast völlig constant sind. Auch ergeben sich für diese Periode als Durchschnittswerth ungefähr die normalen Quotienten und mithin das normale Elektrocardiogramm. Bei niedrigem Blutdruck sowie bei höherem Blutdruck zeigen sich starke Abweichungen. Bei niedrigem Blutdruck ist die J-Zacke klein, die F-Zacke relativ gross, bei hohem Blutdruck ist es umgekehrt, die J-Zacke wächst sehr stark, die F-Zacke nimmt ebenso stark ab, so dass der Ventrikelquotient bei niedrigem Blutdruck sehr klein, bei hohem Blutdruck ausserordentlich gross ist, beim Blutdruck von 250 unendliche Grössenwerthe erreicht, was dadurch mitbedingt ist, dass die F-Zacke bei einem Blutdruck über 200 häufig entweder vollkommen fehlt oder gar negativ ist.

Nach alledem sind die Einwirkungen des Blutdrucks auf die Form des Elektrocardiogramms die stärksten und prägnantesten. Wenn man also von einer ursächlichen Beziehung des Elektrocardiogramms zu einem der Factoren sprechen wollte, so läge es am nächsten, hierfür dem Blutdruck den Anspruch zu geben (vgl. die zusammenfassende Bemerkung über die Beziehung des Elektrocardiogramms zu Herzgrösse, Blutdruck und Alter).

Eine besondere Betrachtung verdient die Beziehung des Blutdrucks zur negativen F-Zacke. Ebenso wie dieselbe nur bei grossen Herzen vorkommt, kommt sie nur bei hohem Blutdruck vor, und zwar nur bei einem Blutdruck über 230 cm Hg und wird immer häufiger, je höher der Blutdruck steigt. Es ergiebt sich dies Verhältnis klar aus der Curve Fig. 5b. Man sieht, wie der Ventrikelquotient immer grösser wird.

IV. Zusammenfassende Bemerkungen über die Beziehungen des Elektrocardiogramms zu Herzgrösse, Blutdruck und Alter.

Durch die vorliegende statistische Untersuchung dürfte eine functionelle Beziehung der genannten drei Factoren, Herzgrösse, Blutdruck und Alter, zum Elektrocardiogramm sichergestellt sein; es ist damit aber nicht etwa gesagt, dass hierdurch ein bestimmtes ursächliches Verhältniss der einzelnen Factoren zum Elektrocardiogramm klargelegt ist, denn wir sind vorläufig nicht im Stande die einzelnen Factoren einzeln zu variiren. Mit zunehmendem Alter steigt im Allgemeinen Herzgrösse und Blutdruck; um also den Einfluss des Alters isolirt zu studiren, dürfte man nur die Elektrocardiogramme von Personen mit gleichem Blutdruck und mit gleicher Herzgrösse verwenden; um aber dann hieraus wirklich brauchbare Mittelzahlen zu berechnen, müsste eine genügende Anzahl solcher Elektrocardiogramme vorhanden sein und hierzu wäre ein weitaus grösseres Material nothwendig.

Wir werden also bei der in dieser Arbeit niedergelegten statistischen Zusammenstellung aus den einzelnen Curven für Alter, Herzgrösse und Blutdruck niemals den Einfluss der beiden anderen Factoren völlig ausschliessen können. Immerhin lassen sich folgende Schlussfolgerungen mit Sicherheit erschliessen:

1. Das Durchschnittselektrocardiogramm der Erwachsenen hat annähernd die Form der Fig. 1; es verhält sich $J : F : A = 100 : 25 : 10$.

2. Dieses Durchschnittselektrocardiogramm ist nur bei Menschen im kräftigen Lebensalter (20—50 Jahre), nur bei Herzen von mittlerer Grösse (Querdurchmesser 14 cm) und nur bei mittlerem Blutdruck (14—17 cm Hg) zu erwarten.

3. Auf die A-Zacke hat Alter, Blutdruck und Herzgrösse keinen wesentlichen Einfluss.

4. Bei jüngeren Leuten, bei niedrigem Blutdruck und bei kleinen Herzen ist die J-Zacke relativ kleiner, die F-Zacke relativ grösser als im Normalelektrocardiogramm; bei älteren Leuten bei hohem Blutdruck und bei grossem Herzen ist es umgekehrt.

5. Eine negative F-Zacke kommt nur bei älteren Leuten, bei hohem Blutdruck und bei grossem Herzen vor.

6. Aus der Thatsache, dass sich in den untersuchten Beziehungen die beiden Ventrikelzacken (J und F) immer entgegengesetzt verhalten, geht die Wichtigkeit des **Ventrikelcoefficienten** $\frac{J}{F}$ hervor. **Der Ventrikelcoefficient wächst mit dem Alter, mit dem Blutdruck und mit der Herzgrösse.**

Zum Schlusse dieser Arbeit spreche ich dem Herrn Prof. G. F. Nicolai, meinem verehrten Lehrer, meinen verbindlichsten Dank aus für die Anregung, die freundliche Ueberlassung des Materials und für die gütige Unterstützung bei der Zusammenstellung der Arbeit.

Literatur.

1. Burdon-Sanderson and Page (1883), On the electrical Phenomena of the excitatory process in the heart of the Frog and the Tortoise as investigated photographically. Journ. of Physiol. Vol. IV. p. 327.
2. Einthoven (1895), Ueber die Form des menschlichen Elektrocardiogramms. Pflüger's Arch. Bd. 60. S. 101.
3. Derselbe (1903), Ein neues Galvanometer. Ann. d. Physik. 4. Folge. Bd. 12. S. 1059.
4. Derselbe (1906), Le Télécardiogramme. Arch. Internat. de Phys. T. IV.
5. Derselbe (1908), Weiteres über das Elektrocardiogramm. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 122. S. 517.
6. Engelmann (1878), Ueber das Verhalten des thätigen Herzens. Pflüger's Arch. Bd. 17. S. 68.
7. Eppinger und Rothberger (1909), Zur Analyse des Elektrocardiogramms. Wiener klin. Wochenschr. No. 31.
8. Eppinger und Stoerck (1909), Zur Klinik des Elektrocardiogramms. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 71.
9. Grau (1909), Ueber den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrocardiogramms. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 69. H. 3 u. 4.
10. Hering (1909), Ueber die klinische Bedeutung des Elektrocardiogramms. Deutsche med. Wochenschr. Nr. 1.
11. Hoffmann (1909), Die Kritik des Elektrocardiogramms. Verhandl. d. Congr. f. innere Medicin. Wiesbaden.
12. Hoffmann (1910), Zur Deutung des Elektrocardiogramms. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 133. S. 562.
13. James and Williams (1910), The Elektrocardiogramm in Clinical Medicine. American journal of the medical sciences. XI.
14. Kölliker und Müller (1856), Nachweis der negativen Schwankung am natürlich sich contrahirenden Muskel. Verh. d. phys. med. Ges. Würzburg. Bd. 6. S. 528.
15. Kraus-Nicolai (1907), Ueber das Elektrocardiogramm unter normalen und pathologischen Verhältnissen. Berliner klin. Wochenschr. No. 25, 26, 27.
16. Dieselben (1910), Das Elektrocardiogramm des gesunden und kranken Menschen. S. 204.
17. Lewis (1910), Auricular fibrillation and its relationship to clinical irregularity of the heart. Reprinted from „Heart". Vol. I. No. 4. p. 306.
18. Müller und Nicolai (1908), Ueber den Einfluss der Arbeit auf das Elektrocardiogramm des Menschen. Sitzungsber. d. Phys. Ges. Berlin und Centralbl. f. Phys. Bd. 22. No. 2.
19. Nicolai (1909), Die thatsächlichen Grundlagen einer myogenen Theorie des Herzschlages. Arch. f. Anat. und Phys. Suppl. S. 1.
20. Nicolai-Simons (1909), Zur Klinik des Elektrocardiogramms. (Die Zacken F und Jp.) Med. Klinik. 1909. No. 5. S. 160.
21. Nicolai (1911), Das Elektrocardiogramm bei Dextrocardie und anderen Lageveränderungen des Herzens. Berliner klin. Wochenschr. No. 2. 1911.
22. Nicolai und Funaro (1908), Das Elektrocardiogramm des Säuglings. Verhandl. der Phys. Ges. Berlin und Centralbl. f. Phys. Bd. 22. No. 2.
23. Nicolai (1911), Die Unregelmässigkeiten des Herzschlages. Ergebnisse der wissenschaftlichen Med. No. 11 u. 12.
24. Přibram (1909), Ueber die Bedeutung des Elektrocardiogramms für die Beurtheilung der Herzkrankheiten. Münchener med. Wochenschr. S. 786.
25. Přibram und Kahn (1910), Pathologische Elektrocardiogramme. Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 99.

26. Rothberger (1909), Ueber das Elektrocardiogramm. Wiener klin. Wochenschr. No. 13.
27. Rothberger und Winterberg (1911), Ueber das Flimmern des Vorhofs im Elektrocardiogramm. 1911.
28. Rehfisch (1910), Die experimentellen Grundlagen des Elektrocardiogramms. Deutsche med. Wochenschr. No. 21 und 22.
29. Samojloff und Steshinsky (1909), Ueber die Vorhofserhebung des Elektrocardiogramms bei Mitralstenose. Münchener med. Wochenschr. No. 38. S. 1942.
30. Steriopulo (1909), Das Elektrocardiogramm bei Herzfehlern. Diese Zeitschrift. 7. Band.
31. Snegirew, Das Myomherz. Elektrocardiographische Studien auf dem Gebiete der Gynäkologie. Internat. Congress für Gynäkologie. Petersburg 1911.
32. Strubell (1909), Zur Klinik des Elektrocardiogramms. Verhandl. d. Congr. f. innere Medicin. Wiesbaden 1909.
33. Derselbe (1908), Ueber functionelle Diagnostik und Therapie der Herzkrankheiten. Deutsche med. Wochenschr. No. 42 und 43.
34. Waller (1889), On the electromotive changes connected with the beat of the Mammalian Heart and of the Human Heart in Particular. Philos. transactions. Roy. Soc. London. Vol. XV. p. 169.
35. Waller (1887), A demonstration on man of electromotive changes accompanying the hearts beat. Journ. of Phys. VIII. p. 229.

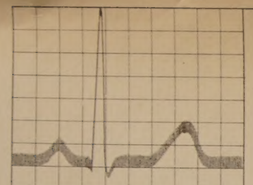
Lebenslauf.

Verfasser Samuel Linetzky wurde am 1. Januar 1886 in Ananiew (Gouvernement Cherson, Russland) geboren. Seine wissenschaftliche Vorbildung erhielt er auf dem Gymnasium in Ananiew. Nach der Reifeprüfung widmete er sich dem Studium der Naturwissenschaften und Medicin an der Universität zu Wien bis zum Jahre 1910. Verfasser war in den verschiedenen medicinischen Kliniken und Polikliniken als Hospitant angestellt. Am 17. Mai wurde er in Berlin an der medicinischen Facultät immatriculirt.

Seine Lehrer in der Philosophie waren in Wien: Prof. Jodl und Jerusalem; in den Naturwissenschaften: Prof. Hatschek, Lang, Ludwig, Wiesner, Ebner, Exner, Zuckerkandl, Told und Tandler; in der Medicin: Prof. Chvostek, Chiari, v. Eiselsberg, Hammerschlag, v. Noorden, Neusser, Strümpell, Oser, Meyer, Pal, Paltauf, Weichselbaum, Schauta, Wertheim, Kermauner, Wagner, Redlich, Escherich, Kolisko, Finger, Rieh, Fuchs und Meller.

In Berlin: Prof. Kraus, Nicolai, Hildebrand, Orth, Ziehen, Franz und Flügge.

Fig.1.



			Normalform des Menschlichen Elektrokardiogr.
A	*J*	*Jp*	*Bezeichnung*
1,3	13,0	0,7	*Höhe in mm.*
10%	5%	25%	*Höhe in % von J.*

Die Durchschnittsform des Elektrocardiogramms des erwachsenen Menschen.

Fig.2.

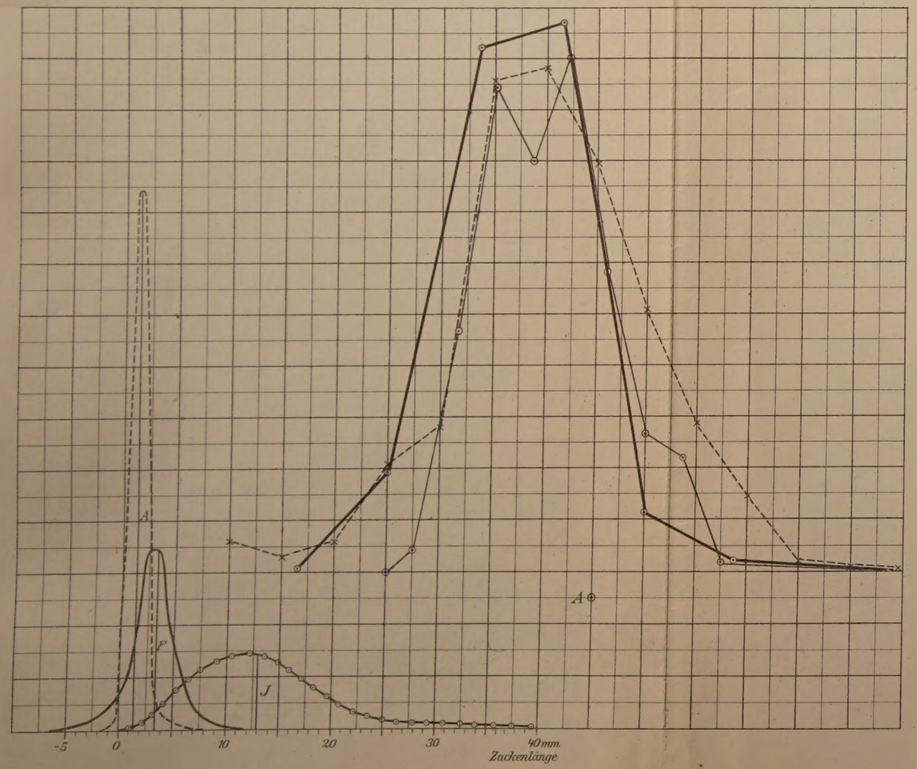
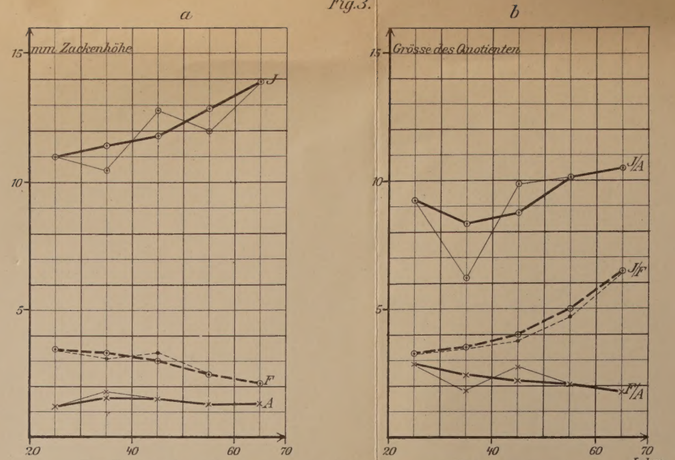
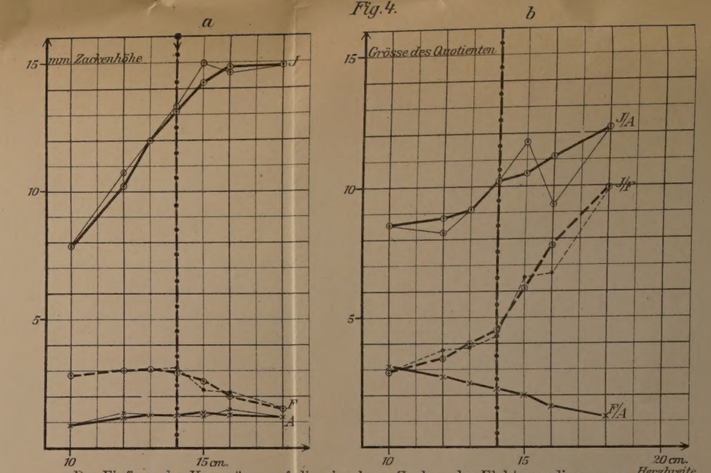


Fig.3.



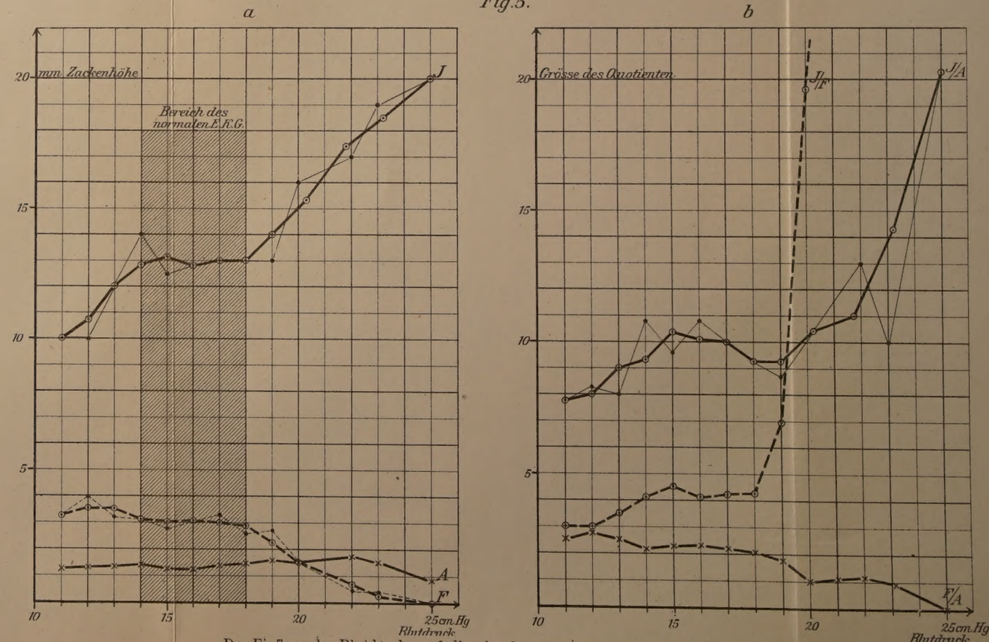
Der Einfluss des Alters auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.
a) Darstellung der Zackenhöhe. b) Darstellung der EKG-Quotienten.

Fig.4.



Der Einfluss der Herzgrösse auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.
a) Darstellung der Zackenhöhe. b) Darstellung der EKG Quotienten.

Fig.5.



Der Einfluss des Blutdrucks auf die einzelnen Zacken des Elektrocardiogramms.
a) Darstellung der Zackenhöhe. b) Darstellung der EKG-Quotienten.

E. Lane, Lith. Inst. Berlin.